はじめに

みなさん，こんにちは。

大学入試で得点を取るためには，まず，すべてのテーマをしっかりと理解しながら学び，その後受験する大学の傾向に合わせて対策することが必要になります。

本講座では東京大学の過去問を利用して，東京大学の傾向を学んでいきます。

東京大学を目指している人は，すでに見たことある問題だと思いますが，それらを通じて東京大学の傾向と対策をしっかり確認していきましょう。

坂田　薫

目　次

第１講　理論化学＋無機化学①……p.4

第２講　理論化学＋無機化学②……p.8

第３講　理論化学＋無機化学③……p.12

第４講　理論化学＋無機化学④……p.18

第５講　理論化学＋無機化学⑤……p.26

第６講　理論化学＋無機化学⑥……p.32

第７講　有機化学＋高分子化合物①……p.36

第８講　有機化学＋高分子化合物②……p.42

第９講　有機化学＋高分子化合物③……p.48

第10講　有機化学＋高分子化合物④……p.54

※本テキストは，一部問題において東京大学の入試問題を改変して使用しております。
詳細はテキストをご確認ください。

第１講　理論化学＋無機化学①

1　次のⅠ，Ⅱの各問に答えよ。

Ⅰ　次の文章を読み，問**ア**～**オ**に答えよ。

廃棄されたスマートフォンや液晶テレビなどの機器から，金属を回収し再資源化する技術の開発が進められている。その一つとして，廃棄された機器を酸で処理して沈殿操作を行うことで，金属を分離・回収する方法がある。

Zn^{2+}，Cu^{2+}，Pb^{2+}，Fe^{3+}，Ag^{+}，Ba^{2+}，Al^{3+}，Li^{+}を含む金属イオンの混合水溶液から，それぞれのイオンを分離するため，以下の実験１から４を連続して行った。この溶液に最初から含まれている陰イオンの影響は考えなくてよい。

実験１：この溶液に希塩酸を加えたところ，白色の沈殿を生じたため，ろ過を行い沈殿とろ液(a)に分離した。このろ紙上の沈殿に熱湯を十分に注いだところ，沈殿の一部が溶解した。その溶解液にクロム酸カリウムを加えたところ，黄色の沈殿を生じた。

実験２：ろ液(a)に H_2S を通じる操作を行ったところ，CuS の黒色の沈殿を生じた。これをろ過して得られたろ液に対して 操作ａ，操作ｂ，操作ｃ を連続して行ったところ，操作ｃ によって二種類の金属水酸化物の沈殿を生じたため，ろ過を行い沈殿とろ液(b)に分離した。

実験３：ろ液(b)に H_2S を再度通じたところ，ZnS の白色の沈殿を生じたため，ろ過を行い沈殿とろ液(c)に分離した。

実験４：ろ液(c)に希硫酸を加えたところ，白色の沈殿を生じた。最終的に溶液に残った金属イオンは一種類のみであった。

〔問〕

ア　実験１における波線部のろ紙上に残った沈殿は，試薬，熱，電気を使うことなく，①ある方法によって金属単体へと還元できる。その金属元素の硝酸塩を試験管内で水に溶かしてアンモニア水を加えたところ褐色の沈殿を生じたが，さらに加えると沈殿が消失した。ここに，②ある脂肪酸を加え加熱したところ，試験管の内面に金属が析出した。

(1)　下線部①の方法を答えよ。

(2)　下線部②に関して，この反応で金属を析出させることができる脂肪酸のうち，最小の分子量をもつ物質を答えよ。

イ　実験２において，Ｔさんは誤って［操作 a］～［操作 c］の代わりに，以下の操作を連続して行ってしまった。

［操作 x］　炭酸ナトリウム水溶液を十分に加える。

［操作 y］　煮沸する。

［操作 z］　希硫酸を十分に加える。

［操作 z］の後で最終的に得られた沈殿に含まれる金属元素が，［操作 x］と［操作 z］において起こす反応の反応式をそれぞれ示せ。

ウ　実験２における，本来の操作方法である［操作 a］，［操作 b］，［操作 c］をそれぞれ答えよ。

エ　実験４で得られた上澄み液を，白金線に付けてバーナー炎中に入れたところ，炎色反応を示した。その炎色と，それを示した元素を答えよ。

オ　一般に，Cu^{2+}とZn^{2+}が溶けた溶液の水素イオン濃度$[H^+]$を調整し，H_2Sを通じるとCuSのみを沈殿させることができる。以下に示す実験条件および値を用いて，このときの$[H^+]$の下限を有効数字２桁で答えよ。また，答えに至る過程も記せ。ただし，$[H_2S]$は常に一定とする。

$[H_2S]=1.0\times10^{-1}\,mol\cdot L^{-1}$，$[Cu^{2+}]=5.0\times10^{-2}\,mol\cdot L^{-1}$，

$[Zn^{2+}]=1.0\times10^{-1}\,mol\cdot L^{-1}$

CuS の溶解度積　　$K_{sp(CuS)}=6.5\times10^{-30}\,mol^2\cdot L^{-2}$

ZnS の溶解度積　　$K_{sp(ZnS)}=3.0\times10^{-18}\,mol^2\cdot L^{-2}$

H_2S の電離定数　　$H_2S \rightleftarrows H^+ + HS^-$　　$K_1=8.0\times10^{-8}\,mol\cdot L^{-1}$

$HS^- \rightleftarrows H^+ + S^{2-}$　　$K_2=1.5\times10^{-14}\,mol\cdot L^{-1}$

Ⅱ　次の文章を読み，問**カ**～**コ**に答えよ。

大気の約８割を占める窒素は自然界で雷，火山の噴火や森林火災で酸化され，③ NO, NO_2, N_2O_4 などの窒素酸化物を生成する。④ NO_2 は大気中の水分と反応して硝酸を生成し，酸性雨の要因となる。硝酸は強い酸化作用を示し，水素よりイオン化傾向の小さな銀や銅などの金属を溶かす。⑤このとき，一般的に希硝酸を用いると NO が，濃硝酸を用いると NO_2 が発生するとされるが，実際には NO と NO_2 がともに発生し，その割合は硝酸の濃度に依存する。

硝酸は，過去には硝酸ナトリウムや⑥硝酸カリウムに濃硫酸を加えて蒸留することで製造された。現在では，窒素から作ったアンモニアを酸化して NO を発生させ，これをさらに酸化した NO_2 を水と反応させるオストワルト法により製造される。NO_2 が発生する過程では，一部の⑦ NO_2 同士が反応して N_2O_4 を生じる。

〔問〕

カ　下線部③に示す窒素酸化物のように，窒素は多数の酸化状態をとることができる。窒素が最大の酸化数をとる窒素化合物と，最小の酸化数をとる窒素化合物の化学式を，それぞれの窒素の酸化数とともに一つずつ答えよ。

キ　下線部④の化学反応式を示せ。

ク　下線部⑤の NO と NO_2 の割合が硝酸濃度に依存する理由を，NO と NO_2 が硝酸水溶液と反応することを踏まえて簡潔に説明せよ。

ケ　下線部⑥の化学反応式を示せ。またこのとき，濃硫酸の代わりに濃塩酸を使わない理由を簡潔に説明せよ。

コ　下線部⑦の N_2O_4 を生じる反応は，吸熱反応と発熱反応のいずれであるかを答えよ。またその理由を，以下の NO_2 の電子式に着目して簡潔に説明せよ。

NO_2 の電子式　$:\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{O}}:\overset{\cdot}{N}::\overset{\cdot\cdot}{O}:$

＜ Note ＞

テキスト解答

※本書に収録された解答・解説はスタディサプリが独自に作成したものです。

第１講　解答

Ⅰ　ア　(1)　光を照射する　　(2)　ギ酸

　イ　操作 x　$Ba^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow BaCO_3$

　　　操作 z　$BaCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4 + H_2O + CO_2$

　ウ　操作 a　煮沸する

　　　操作 b　硝酸を加えて加熱する

　　　操作 c　アンモニア水を過剰に加える

　エ　炎色：赤色　　元素：リチウム

　オ　2.0×10^{-3} mol･L^{-1}　(過程は講義)

Ⅱ　カ　最大　化合物：HNO_3, N_2O_5など　　酸化数：$+5$

　　　最小　化合物：NH_3など　　酸化数：-3

　キ　$2NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3 + HNO_2$

　ク　(論述は講義)

　ケ　$KNO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow HNO_3 + KHSO_4$　(理由は講義)

　コ　発熱反応　(過程は講義)